

# 情報セキュリティ事故に対する株式市場の反応に関する研究：日本および中国株式市場を対象とした分析

## A Study on Stock Market Reaction to Information Security Incidents: An Analysis of Japanese and Chinese Stock Markets

趙 健森<sup>1</sup> 高橋 大志<sup>1</sup>

Jiansen Zhao<sup>1</sup>, Hiroshi Takahashi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 慶應義塾大学大学院経営管理研究科

<sup>1</sup> Graduate School of Business Administration, Keio University

**Abstract:** In this study, we analyzed the impact of news related to information security incidents in the Japanese and Chinese stock markets. The period of analysis is from 1996 to 2018, and Reuters News is used as the analysis target. We adopted FinBERT, which focuses on text analysis in the financial field, to analyze the impact of news on stock prices through event studies. The results of the analysis indicates : (1) information security incidents have a negative impact on stock prices in the Japanese stock market, which may exist for a certain period of time, (2) the impact in the Chinese stock market is relatively limited during the period of analysis, and news articles with a negative polarity (3) News articles with negative polarity tend to have a relatively strong negative impact to the market.

## 1 背景

近年、情報セキュリティへの関心が高まっている。社会におけるデジタルトランスフォーメーション（DX）への取り組みなどを背景とし、企業は、個人情報の取り扱い、データベースの安全性など情報セキュリティを重要視するようになってきている。企業は、情報セキュリティ事故が発生した場合、自社の信頼が失われ、経済的な損失を被ることもある。また、企業が事故直後にとる対策なども企業の損失の程度に影響を及ぼす可能性がある。

日本国内において、情報セキュリティ問題が重要視されていることを示す事例の一つに法整備の進展が挙げられる。個人情報を適正に使用しつつも、事業で新たな価値を創出し、且つ個人の権利を保護することを目的として、2005年4月1日から、個人情報保護法が施行されている<sup>1</sup>。

中国においては、2020年10月に個人情報保護法は公表されている<sup>2</sup>。これまで、中国では日本のよう

な個人情報保護法が存在していなかったが、このような動きは個人情報への関心の高まりを示すものと捉えることができる。

例えば、日本国内の法整備にもみられるように、情報セキュリティ問題の重要性は、これまで以上に高いものとなっている。一方、ひとたび情報セキュリティ事故が発生すると、それらは企業価値および株式価値に影響を及ぼすことが予想される。セキュリティに関する分析は、数多く報告されているもののセキュリティ事故と株式価値の関連性に焦点を当てた分析の報告は限定的である。

これらを背景とし、本研究では、日本および中国の二つの株式市場について、セキュリティ事故と株式市場の評価との関連性について比較分析を行う。本分析では、AIテキスト分析（FinBERT）とイベントスタディを併用することで、情報セキュリティ事故（情報漏洩事故）が企業の株価の影響の分析を試みた（Araci (2019), Yang et al. (2020), Campbell et al. (2012))。テキスト分析を用いたファイナンス分野の研究は数多く報告されているが（Yamashita et al. (2013), Nishi et al. (2019, 2021), Goshima et al. (2016)), 金融に特化した手法（FinBERT）を採用し評価を行っている点は本研究の特長の一つに挙げられる。

連絡先：〒223-8526 神奈川県横浜市港北区日吉4-1-1  
慶應義塾大学大学院経営管理研究科

<sup>1</sup> 法律の施行により、違反時には6ヶ月以下の懲役または30万円以下の罰金が課される。

<sup>2</sup> 罰則により、5,000万人民币元または前年度売上高の5%の罰金が課される。

## 2 関連研究

情報セキュリティ問題に関する先行研究には、主にイベントスタディの研究方法を用いて分析されたものが存在している。

まず、Cavusoglu et al. (2004) は、1996年から2001年の米国におけるインターネット・セキュリティ被害事例66件をサンプルとしてイベントスタディの研究方法で株式市場において企業価値への影響を分析した。分析の結果、セキュリティ被害に遭った企業は、被害がアナウンスされた後の2日間で、市場要因を除くと平均2.1%の企業価値が下落するとの報告を行っている。

国内を対象とした分析においては、2003年に発生した18件の漏洩事件の中で、12件で1日の株価の平均変動率は0%～-2%に集中しているとの報告が行われている（日本ネットワークセキュリティ協会2004）。また、河路（2006）は、2005年「個人情報保護法」が実施された前の1997年から2004年まで発生した118件上場企業の情報漏洩事件を対象として、イベントスタディの研究手法で分析を行っている。分析の結果、平均で-0.667%負の異常収益率が観察されたとの報告をしている。また、小規模な事件より、大規模事件の方は、異常収益率が-1.726%との大きな負の反応があることを示している。

さらに宮内ら（2015）は、2005年から2016年までの情報漏洩事件340件について、実証分析を行っている。実証分析の結果、(1) 情報セキュリティ事故は株式市場に負の影響を与えること、(2) 時期により株式市場の反応に違いがあること、(3) 社会的インパクトの大きな情報セキュリティ事故は、企業価値に負の影響を与えること、(4) 情報セキュリティ事故の原因が不正アクセス以外の場合、企業価値に相対的に大きな負の影響を与えること、(5) 情報公開度の高い企業の情報セキュリティ事故は、企業価値の負の影響は限定的であること、(6) 機密性の高い情報を取り扱っている企業の情報セキュリティ事故は、企業価値に負の影響を与える傾向にあること、(7) 格付けの高い企業の情報セキュリティ事故は企業価値に負の影響は、相対的に限定的であること、(8) 情報セキュリティ事故発生時に、経営者が積極的に補償について発言をした場合、企業価値に負の影響は限定的であること、などといった興味深い結果を示している。

### 3 目的

関連研究で述べたように、情報セキュリティ事故に対する研究は主にイベントスタディの手法を用いて、米国と日本の株式市場を中心に事故の影響を短

期に株価のボラティリティを測ることで事故に対する株式の反応を研究することが多い。情報セキュリティ事故に対して、長期的な影響と発展途上国株式市場の反応についての研究は未だ少ない。これらを踏まえ、本研究では、中国と日本で発生した情報漏洩事故に絞り、「個人情報保護法」が実行された前後に分け、情報漏洩事故のニュースに対してイベントスタディを用いて比較分析する。またFinBERTという金融分野におけるAIテキスト分析技術を用いて事故ニュースに対する極性（neutral, positive, negative）をつけ、AIによって極性が判断されたニュースはそれぞれ株価にどんな影響を与えるかを短期と長期の影響を分析することでテキスト分析技術の実用性を分析して検証する。

## 4 データ

分析データとして、ニュースデータ及びマーケットデータの双方を用いる。

まず、ニュースデータとして、トムソンロイター社が配信を行ったニュース記事を用いて分析する。本研究において、1996年から2018年まで23年分のニュースデータにわたる中国と日本での情報安全に関するニュースを抽出した。

データ抽出の手順として、まずニュースデータの中から、中国株式コードまたは日本株式コードが含まれているデータを抽出した。また先行研究によって「security breaches」と「phishing」二つのキーワードでニュースのタイトルまたは本文がキーワードに含まれているニュースを抽出した。それに加え、タイトルまたは本文で「leak」と「information」二つのキーワードが同時に含まれているニュースを抽出した。日本と中国それぞれ合計573件、87件のニュースデータを抽出した。

マーケットデータとしては、日本市場のデータは日経NEEDSから取得した。サンプル期間は、1996年から2018年とし、使用データは、上場各銘柄とTOPIXの日次終値データを使用した。中国のマーケットデータは、DATASTREAMから取得した。サンプル期間は、同様に1996年から2018年とし、中国上海と深セン株式市場に上場している各銘柄とそれぞれのA株のインデックスの日次終値データを使用した。

## 5 分析方法

本研究では情報セキュリティ事故の関連ニュースについて分析するために、自然言語処理技術を用いて、ニュースを分析する。自然言語処理技術の中で、

FinBERT (Financial Bidirectional Encoder Representations from Transformers) モデルを用いてニュース記事に極性をつける。また、イベントスタディの手法を用いて、情報セキュリティ事故につき、株価への影響を分析する。イベントが発生した期間の累積異常リターンを推定し、株式価格への影響を分析する。

## 5.1 イベントスタディ

企業に関連したイベント前後の株式の累積の異常リターンの動きを分析することで、そのイベントの株式価格に与える影響について分析する。本研究においては、ニュースデータのアナウンス日をイベントデーとして定義する。また、同じイベントが複数報道された場合、より早い時点をイベントデーとして定義する。アナウンス日は土、日、祝日の場合ではイベントデーは翌営業日にする。アナウンスの時間は当日 15 時から 24 時までの時間帯であれば、株式価格への影響は当日で反映されていないため、イベントデーは翌営業日とする。

本分析では、推定ウィンドウは、アナウンス日の 140 営業日前からアナウンス日 20 営業日前までとした。イベントウィンドウは、短期および中長期の影響を測るため、イベントデーから 200 営業日後までを含む複数の期間を分析対象とした。

## 5.2 FinBERT

まず、BERT は 2018 年に Google 社が発表した双方向の Transformer モデルであり、伝統的なモデルなどと比較してより優れたパフォーマンスを示すモデルとして関心を集めているモデルである (Devlin et al. (2018))。そして、BERT モデルを基に金融分野に特化したモデルが FinBERT モデルである (Araci (2019), Yang et al. (2020))。本モデルの特徴としてデータが少ない場合でも、精度の高い分類精度が得られる点などが挙げられる。

本研究では yinyanghust と ProsusAI の二つの FinBERT モデルを用いてニュースのタイトルと本文両方の極性分析を行う (Araci (2019), Yang et al. (2020))。極性分析によって、テキストを「neutral」、 「positive」と「negative」の三つに分類し、各分類のニュースが株式市場に与える影響について分析を行う<sup>3</sup>。

<sup>3</sup> 本分析で採用したモデルでは、テキストの tokenize による制限があり、分析可能なのは 512byte の tokenize までとなっている。そのため、本研究では長さが 512byte を超えたニュースデータについて、テキスト最初の 512byte のみを取得して分析を行う。

# 6 分析結果

## 6.1 イベントスタディによる分析

分析においては、日本株式市場と中国株式市場を分けて行った。イベントスタディの結果を表 1 に示す。表 1 の左の列は、イベントスタディにおける異常収益の計測期間、真ん中の列は、日本市場の分析結果、右の列は中国市場の分析結果を示したものである。

分析結果により、日本株式市場(表の真ん中の列)において、イベントウィンドウをアナウンス日後の 20 営業日の短期において、株式市場 (CAR) において 4.46% の下落が確認された。これらの結果は、セキュリティ事故に対して市場がマイナスの評価をしていることを示すものである。

また、表 1 より、例えば、-20 営業日から 20 営業日の値は、-11.11% の水準であること、アナウンス日後 200 日までの株式価格の下落は -20.32% となっていることを確認できる。これらの結果は、株式価格への負の影響は、一定期間存在する可能性のあることを示すものである<sup>4</sup>。

表 1 日中株式市場の反応 (累積異常リターン)

	日本市場	中国市場
(T1,T2)	CAR(T1,T2)	CAR(T1,T2)
(-20,20)	-0.1111	-0.0104
(-20,-1)	-0.0665	-0.0136
(0,+1)	-0.0089	0.0050
(0,+3)	-0.0164	-0.0082
(0,+5)	-0.0225	-0.0009
(0,+10)	-0.0404	0.0089
(0,+20)	-0.0446	0.0033
(0,+50)	-0.0961	0.0016
(0,+100)	-0.1346	-0.0338
(0,+200)	-0.2032	-0.0340

その一方、中国の株式市場においては、例えば、-20 営業日から 20 営業日の値は、-1.04% とマイナスの値となっているが、累積異常リターンの水準は、日本市場と比較して相対的に小さいことを確認できる<sup>5</sup>。

日本では、負の影響がみられるのに対し、中国市場における影響は相対的に限定的なものとなっている。

<sup>4</sup> 中長期的な分析においては、期間中に市場環境の変化の影響を受ける可能性がある。より多くの要因を考慮した詳細な分析は、今後の課題として挙げられる。

<sup>5</sup> 例えば、200 営業日の値は、-3.4% となっている。

る。これらの要因の一つとして、中国では個人情報保護法が公表されたので比較的最近(2020年10月)であるのに対し、日本では、個人情報保護法が施行されたのが2005年4月1日と相対的に長い歴史を有しており、個人情報に対する意識が、投資家を含め社会前提において高まっていることなどが挙げられる。法律、経済面など含む経営環境、企業属性等を考慮した詳細な分析は今後の課題に挙げられる。

## 6.2 FinBERT による極性分析

本節では、ニュース記事の内容を考慮した分析結果を示す。ニュース記事の評価には、FinBERTモデルを用いた。本分析では、ニュース記事のタイトルを分析したもの、記事の本文を分析したもの、両者の分析結果を示す。

表2および表3は、ニュース記事のタイトルを対象として、二つのFinBERTモデルを通じ、ニュース記事の極性を分析した結果である<sup>6</sup>。

表2 極性分析結果 (ニュースのタイトル)  
(yinyanghust モデル)

yinyanghust モデル	日本 市場	neutral	393(68.59%)
		positive	45(7.85%)
		negative	135(23.56%)
	中国 市場	neutral	47(54.02%)
		positive	15(17.24%)
		negative	25(28.74%)

表3 極性分析結果 (ニュースのタイトル)  
(ProsusAI モデル)

ProsusAI	日本 市場	neutral	295(51.48%)
		positive	58(10.12%)
		negative	220(38.39%)
	中国 市場	neutral	21(24.14%)
		positive	16(18.39%)
		negative	50(57.47%)

同じニュースデータセットを対象として、二つのモデルを通じて、それぞれ分類を行った。いずれのモデルも、negative と分類される割合が、positive と分類される割合より相対的に高いことを確認できる<sup>7</sup>。

<sup>6</sup> 各モデルを通じ、ニュース記事を、ポジティブ、ニュートラル、ネガティブに分類した。

<sup>7</sup> モデルが異なることから、分類結果も差異が存在することを確

表4、表5は、ニュース記事本文を対象とした分析結果である。タイトルを分析した結果と同様に、いずれのモデルも、negative と分類される割合が、positive と分類される割合より相対的に高いことを確認できる<sup>8,9</sup>。

表4 極性分析結果 (ニュース記事本文)  
(yinyanghust モデル)

yinyanghust モデル	日本 市場	neutral	406(70.86%)
		positive	41(7.16%)
		negative	126(21.99%)
	中国 市場	neutral	47(54.03%)
		positive	12(13.79%)
		negative	28(32.18%)

表5 極性分析結果 (ニュース記事本文)  
(ProsusAI モデル)

ProsusAI	日本 市場	neutral	267(46.60%)
		positive	44(7.68%)
		negative	262(45.72%)
	中国 市場	neutral	28(32.18%)
		positive	14(16.09%)
		negative	45(51.72%)

## 6.3 イベントスタディ分析による検証

本節では、各極性に分類されたニュース記事の発信が市場に与える影響を分析する。

表6および表7は、日本株式市場を対象とした分析結果である。また、表8、表9は、中国株式市場の結果を示したものである。

ネガティブな極性のニュースが、ポジティブなニュースと比較して相対的に株式市場の評価が低い傾向にあることを確認できる。これらの結果は、本分析で採用したFinBERTモデルと株式市場の評価が整合的であることを示すものである。

認できる。本分析にて用いたサンプルでは、ProsusAIモデルは、相対的にnegativeに分類される割合が高い傾向を確認できる。

<sup>8</sup> 二つのモデルを比較すると、Yinyanghustモデルは、相対的にneutralが多くなる傾向であること。一方、ProsusAIモデルは、相対的にnegativeが多くなる傾向にあることを確認できる。

<sup>9</sup> なお、タイトルと記事本文の分析結果が同じ極性であったものの割合は、日本市場(全573件)の中で、Yinyanghustモデルでは、376件、ProsusAIモデルでは343件であった。中国市場(全87件)の中で、Yinyanghustモデルでは51件、ProsusAIモデルでは49件であった。

表 6 極性ごとのイベントスタディ分析結果  
(日本市場 yinyangkust モデル)

	yinyangkust		
	neutral	positive	negative
CAR(-20,20)	-0.1144	-0.0168	-0.1311
CAR(-20,-1)	-0.0678	-0.0067	-0.0814
CAR(0,+1)	-0.0070	0.0001	-0.0180
CAR(0,+3)	-0.0137	-0.0067	-0.0283
CAR(0,+5)	-0.0220	-0.0065	-0.0293
CAR(0,+10)	-0.0417	-0.0105	-0.0459
CAR(0,+20)	-0.0465	-0.0102	-0.0497
CAR(0,+50)	-0.10369	-0.03282	-0.09215
CAR(0,+100)	-0.14136	-0.06461	-0.13543
CAR(0,+200)	-0.20987	-0.09720	-0.21598

表 7 極性ごとのイベントスタディ分析結果  
(日本市場 ProsusAI モデル)

	ProsusAI		
	neutral	positive	negative
CAR(-20,20)	-0.1112	-0.0422	-0.1225
CAR(-20,-1)	-0.0737	-0.0199	-0.0671
CAR(0,+1)	-0.0077	-0.0051	-0.0108
CAR(0,+3)	-0.0153	-0.0050	-0.0195
CAR(0,+5)	-0.0217	-0.0055	-0.0262
CAR(0,+10)	-0.0378	-0.0150	-0.0473
CAR(0,+20)	-0.0376	-0.0224	-0.0555
CAR(0,+50)	-0.0904	-0.0298	-0.1130
CAR(0,+100)	-0.1265	-0.0786	-0.1522
CAR(0,+200)	-0.2238	-0.1014	-0.1992

表 8 極性ごとのイベントスタディ分析結果  
(中国市場 yinyangkust モデル)

	yinyangkust		
	neutral	positive	negative
CAR(-20,20)	0.0160	0.0158	-0.0670
CAR(-20,-1)	-0.0041	-0.0062	-0.0329
CAR(0,+1)	0.0026	0.0129	0.0065
CAR(0,+3)	-0.0042	-0.0071	-0.0137
CAR(0,+5)	0.0078	-0.0100	-0.0100
CAR(0,+10)	0.0230	0.0070	-0.0135
CAR(0,+20)	0.0201	0.0220	-0.0341
CAR(0,+50)	0.0469	-0.0614	-0.0457
CAR(0,+100)	0.0280	-0.1256	-0.0981
CAR(0,+200)	0.0280	-0.1723	-0.0816

表 9 極性ごとのイベントスタディ結果  
(中国市場 ProsusAI モデル)

	ProsusAI		
	neutral	positive	negative
CAR(-20,20)	0.0009	0.0200	-0.0269
CAR(-20,-1)	0.0056	0.0021	-0.0307
CAR(0,+1)	-0.0039	0.0058	0.0113
CAR(0,+3)	0.0029	-0.0037	-0.0161
CAR(0,+5)	0.0086	0.0035	-0.0080
CAR(0,+10)	0.0155	0.0095	0.0052
CAR(0,+20)	-0.0047	0.0179	0.0038
CAR(0,+50)	0.0531	0.0014	-0.0313
CAR(0,+100)	-0.0091	0.0545	-0.0797
CAR(0,+200)	0.0257	0.0612	-0.1042

## 7 まとめ

本研究では、情報セキュリティ事故が株式市場に与える影響について、イベントスタディ分析および自然言語処理技術 (FinBERT) を通じ分析を行った。

(1) 情報セキュリティ事故は、日本株式市場において株式価格に負の影響を与え、その影響は一定期間存在する可能性のあること、(2) 中国の株式市場における影響は、分析対象期間中においては相対的に限定的であること、(3) ニュース記事の極性が負のニュース記事は、相対的に市場に負の影響を与える傾向が強いことなどの結果を見出した<sup>10</sup>。

## 8 今後の課題

本研究では、分析対象をキーワードを用いて抽出したが、抽出方法の精度向上は、今後取り組む課題の一つに挙げられる。また、市場環境や企業属性など、株式市場と関連するより多様なデータを用いた詳細な分析も今後の課題として挙げられる。

## 謝辞

本研究の一部は、科学研究費補助金(JP20K01751)の助成を受けたものです。プログラミングコードについて援助して頂いた同研究室の尹聖在さんに感謝する。

<sup>10</sup> 本分析では、ニュースの評価に金融に特化した自然言語モデル (FinBERT) を採用したが、本結果は、FinBERT モデルと株式市場の評価が整合的であることを示すものである。これらの結果は、ファイナンス分野が自然言語処理技術の応用分野として有効であることを市場の評価を通じ示すものである。

## 参考文献

- [ 1 ] Cavusoglu, H., Mishra, B., & Raghunathan, S : The effect of internet security breach announcements on market value: Capital market reactions for breached firms and internet security developers. *International Journal of Electronic Commerce*, 9(1), 70-104(2004)
- [ 2 ] Devlin, J., Chang, M. W., Lee, K., & Toutanova, K. : Bert: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding. *arXiv preprint arXiv:1810.04805*.(2018)
- [ 3 ] Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., ... & Polosukhin, I. : Attention is all you need. *arXiv preprint arXiv:1706.03762* (2017)
- [ 4 ] Araci, D. Finbert: Financial sentiment analysis with pre-trained language models. *arXiv preprint arXiv:1908.10063*. (2019)
- [ 5 ] Spanos, G., & Angelis, L. The impact of information security events to the stock market: A systematic literature review. *Computers & Security*, 58, 216-229. (2016)
- [ 6 ] Nishi, Y., Suge, A., & Takahashi, H.: Text Analysis on the Stock Market in the Automotive Industry through Fake News Generated by GPT-2, *Proceedings of the International Workshop Artificial Intelligence of and for Business (AI-Biz2019)* (2019)
- [ 7 ] Goshima, K., & Takahashi, H. : Quantifying news tone to analyze the Tokyo Stock Exchange with deep learning. *Security Analysis Journal*, 54(3), 76-86, 2016.
- [ 8 ] Nishi, Y., Suge, A., & Takahashi, H.: Construction of a News Article Evaluation Model Utilizing High-Frequency Data and a Large-Scale Language Generation Model, *SN Business & Economics*, 1, 104 (2021)
- [ 9 ] Yamashita, Y., Johtaki, & H., Takahashi, H.: Analyzing the Influence of Head-Line News on the Stock Market in Japan, *International Journal of Intelligent Systems Technologies and Applications*, 12, 328-342 (2013)
- [ 10 ] Araci, D. FinBERT: Financial Sentiment Analysis with Pre-Trained Language Models, *arXiv:1908.10063* (2019)
- [ 11 ] Yang, Y., UY, M.C.S, & Huang, A.: FinBERT: A Pretrained Language Model for Financial Communications, *arXiv:2006.08097* (2020)
- [ 12 ] Campbell, J. Y., Lo, A. W., & MacKinlay, A. C.: *The econometrics of financial markets*, Princeton University press (2012)
- [ 13 ] 青嶋智久, 中川慧 : 日本語 BERT モデルを用いた経済テキストデータのセンチメント分析, *人工知能学会全国大会論文集 第 33 回全国大会* (2019) (pp. 4Rin127-4Rin127). 一般社団法人 人工知能学会 (2019)
- [ 14 ] 河路武志 : 個人情報漏洩事件に対する株式市場の反応. *管理会計学:日本管理会計学会誌: 経営管理のための総合雑誌*, 15(1), 35-56(2006)
- [ 15 ] 久保田敬一, 竹原均 : Fama-French ファクターモデルの有効性の再検証. *現代ファイナンス*, 22, 3-23. (2007)
- [ 16 ] 西良浩, 菅愛子, 高橋大志 : ニュースおよび高頻度データを用いたディープラーニングによる株式変動の分析—BERT によるニュース分類—, *人工知能学会 経営課題に AI を! ビジネス・インフォマティクス研究会 (第 14 回)* (2020)
- [ 17 ] 田中勝行 : 企業の情報セキュリティ事故による株価への影響に関する実証研究 (2011 年度国際マネジメント研究奨励賞受賞論文). *国際マネジメント研究*, (2), 40-55(2013)
- [ 18 ] 廣松毅 : 情報セキュリティ事故が企業価値に与える影響の分析-イベント・スタディ法を用いたリスク評価の試み(2011)
- [ 19 ] 宮内幸子, 高橋大志 : 情報セキュリティ事故による企業価値への影響とその関連性について経営課題に AI を! ビジネス・インフォマティクス研究会 (第 15 回)(2020)